

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-32193

(P2003-32193A)

(43) 公開日 平成15年1月31日 (2003.1.31)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-コ-ト <sup>7</sup> (参考)
H 0 4 B 10/08		G 0 2 F 1/35	5 0 1 2 K 0 0 2
G 0 2 F 1/35	5 0 1	H 0 1 S 3/10	Z 5 F 0 7 2
H 0 1 S 3/10		3/30	Z 5 K 0 0 2
3/30		H 0 4 B 9/00	K
H 0 4 B 10/16			J

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-215780(P2001-215780)

(22) 出願日 平成13年7月16日 (2001.7.16)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 中元 洋

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 内藤 崇男

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100078330

弁理士 笹島 富二雄

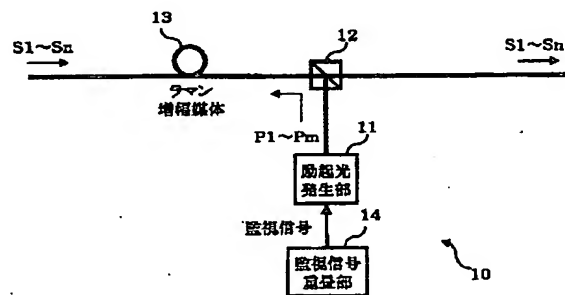
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ラマン増幅を用いた光伝送方法および光伝送システム

## (57) 【要約】

【課題】複数の光伝送装置間で送受信される監視信号をラマン増幅用の励起光を利用して主信号光に重畳し、効率的な監視制御を実現するラマン増幅を用いた光伝送技術を提供する。

【解決手段】本発明の光伝送方法を適用したラマン増幅器10は、励起光発生部11から合波器12を介してラマン増幅媒体13に供給される、波長の異なる複数の励起光P1～Pmのうち少なくとも1つの励起光に対して、光伝送装置間で送受信する監視信号を重畳するための監視信号重畳部14を設けることで、ラマン増幅媒体13を伝搬してラマン増幅される主信号光に監視信号を載せて伝送するようにしたものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】波長の異なる複数の光信号を含んだ波長多重信号光を複数の光伝送装置間で伝送すると共に、光伝送路上に存在するラマン増幅媒体に励起光を供給して、前記ラマン増幅媒体を伝搬する波長多重信号光をラマン増幅する光伝送方式であって、前記複数の光伝送装置で送受信する監視信号を前記ラマン増幅媒体に供給する励起光に重畳することを特徴とするラマン増幅を用いた光伝送方法。

【請求項2】請求項1に記載のラマン増幅を用いた光伝送方法であって、前記ラマン増幅媒体に波長の異なる複数の励起光を供給するとき、前記複数の励起光のうちの少なくとも1つの励起光に対して前記監視信号を重畳することを特徴とするラマン増幅を用いた光伝送方法。

【請求項3】請求項2に記載のラマン増幅を用いた光伝送方法であって、前記監視信号を重畳する励起光は、前記光伝送路の損失波長特性に基づいて前記複数の励起光のうちから選択されることを特徴とするラマン増幅を用いた光伝送方法。

【請求項4】請求項2に記載のラマン増幅を用いた光伝送方法であって、前記光伝送路を介して前記光伝送装置に入力されるラマン増幅された波長多重信号光の一部を、前記監視信号の重畳された励起光の波長に対応したラマン利得帯域に通過帯域を持つ光フィルタに導き、該光フィルタの通過光を用いて前記監視信号を検出することを特徴とするラマン増幅を用いた光伝送方法。

【請求項5】波長の異なる複数の光信号を含んだ波長多重信号光を伝送する複数の光伝送装置と、光伝送路上に存在するラマン増幅媒体に励起光を供給して、前記ラマン増幅媒体を伝搬する波長多重信号光をラマン増幅するラマン増幅器と、を備えた光伝送システムであって、前記ラマン増幅器は、前記複数の光伝送装置で送受信する監視信号を、前記ラマン増幅媒体に供給する励起光に重畳する監視信号重畳部を含むことを特徴とする光伝送システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長多重(WDM)信号光を増幅しながら中継伝送する光伝送方法および光伝送システムに関し、特に、ラマン増幅を利用してWDM信号光を増幅する場合における監視信号の重畳技術に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】波長の異なる複数の光信号を含んだWDM信号光を伝送するWDM光伝送システムでは、光増幅器を光中継器として用いる光増幅中継伝送方式を適用したシステム構成が知られている。上記の光増幅器として

は、エルビウムドープ光ファイバ増幅器(EDFA)が一般的に用いられ、また最近では、ラマン増幅器を併用することが盛んに検討されている。

【0003】ラマン増幅器の利得は波長依存性が大きいのが、異なる発振中心波長を持つ複数の励起光を用いることで、ラマン増幅の利得波長特性を平坦化することができる。例えば、文献Y.Emori, et al., "100nm bandwidth flat gain Raman amplifiers pumped and gain-equalized by 12-wavelength channel WDM high power laser diodes", OFC'99, PD19, 1999. 等に記載されたラマン増幅器では、励起光パワーおよびその発振波長を調整することにより、ラマン増幅の利得波長帯域幅として100nm程度を確保している。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、光増幅中継伝送方式を適用したWDM光伝送システムについては、例えば、光送信端局、光中継器および光受信端局などの複数の光伝送装置で送受信する監視信号を主信号光に重畳して伝送することによって、各々の光伝送装置を監視制御する技術が知られている。この場合の監視信号を主信号光に重畳する従来の方法としては、例えば、EDFAの励起光源の駆動電流を監視信号に従って変調する方法が公知である。この監視信号は、具体的には、例えば主信号光の伝送速度を10Gb/sとしたとき、伝送速度が10Mb/s程度に設定され、その重畳度が5%程度とされる。

【0005】上記のような従来の監視制御技術を、現在検討が進められているEDFAおよびラマン増幅器を併用した光中継器を使用して構築したWDM光伝送システムに対して適用する場合を考えると、監視信号を主信号光に重畳する方法は、EDFAの励起光を監視信号に従って変調する方法だけに限られるのではなく、より効率的な監視制御技術の実現が期待される。また、将来的には、ラマン増幅器だけを利用して光中継器を構成することも考えられるため、そのような光中継器を使用したシステムにも対応可能な監視制御技術を実現することは有用である。

【0006】本発明は上記の点に着目してなされたもので、複数の光伝送装置間で送受信される監視信号をラマン増幅用の励起光を利用して主信号光に重畳し、効率的な監視制御を実現するラマン増幅を用いた光伝送技術を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明によるラマン増幅を用いた光伝送方法は、WDM信号光を複数の光伝送装置間で伝送すると共に、光伝送路上に存在するラマン増幅媒体に励起光を供給して、ラマン増幅媒体を伝搬するWDM信号光をラマン増幅する光伝送方式であって、複数の光伝送装置で送受信する監視信号を、ラマン増幅媒体に供給する励起光に重

畳するようにした方法である。また、上記の光伝送方法については、ラマン増幅媒体に波長の異なる複数の励起光を供給するとき、複数の励起光のうちの少なくとも1つの励起光に対して監視信号を重畳するようにしてもよい。

【0008】かかる光伝送方法によれば、従来のEDFAの励起光を利用する場合のようにWDM信号光の波長帯域全体に監視信号を重畳させる必要がなくなり、励起効率の良い波長域で、効率の良い監視信号の重畳を行うことが可能になる。さらに、上記の光伝送方法について、監視信号を重畳する励起光は、光伝送路の損失波長特性に基づいて複数の励起光のうちから選択されるようにするのが望ましい。具体的には、監視信号を重畳する励起光は、該励起光の波長に対応したラマン利得帯域における光伝送路の損失が、他の励起光の波長に対応したラマン利得帯域における光伝送路の損失よりも小さくなるように、複数の励起光のうちから選択することが可能である。

【0009】また、前述した光伝送方法は、光伝送路を介して光伝送装置に入力されるラマン増幅されたWDM信号光の一部を、監視信号の重畳された励起光の波長に対応したラマン利得帯域に通過帯域を持つ光フィルタに導き、該光フィルタの通過光を用いて監視信号を検出するようにしてもよい。かかる方法によれば、各光伝送装置間での監視信号の伝達をより確実に行うことが可能になる。

【0010】さらに、上述した光伝送方法については、前段の光伝送装置から伝えられる監視信号を検出し、該検出した監視信号を抑圧するための抑圧信号を、ラマン増幅媒体に供給する波長の異なる励起光のうちで、前段の光伝送装置からの監視信号が重畳された励起光に対応する励起光に重畳するようにしてもよい。加えて、抑圧信号が重畳される励起光とは異なる励起光に対して、後段の光伝送装置に送る監視信号を重畳するようにしても構わない。かかる方法を適用することによって、監視信号を重畳する波長帯域の切り替えを行うことが可能になる。

【0011】上述したような光伝送方法は、ラマン増幅を利用してWDM信号光の伝送を行う光伝送システムおよびラマン増幅器に適用することが可能である。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図1は、本発明の光伝送方法を適用したラマン増幅器の基本構成を示す図である。図1において、本ラマン増幅器10は、波長の異なる励起光P1～Pmを発生する励起光発生部11と、各励起光P1～Pmを光伝送路上に存在するラマン増幅媒体13に供給する合波器12と、ラマン増幅媒体13に供給される励起光P1～Pmのうちの少なくとも1つの励起光に監視信号を重畳する監視信号重畳部14と、を備え、ラマ

ン増幅媒体13を伝搬するWDM信号光（ここでは波長の異なる光信号S1～Snを含むものとする）をラマン増幅して出力する構成である。

【0013】励起光発生部11は、例えば図2に示すように、波長の異なる励起光P1～Pmを発生するための励起光源(LD)11A<sub>1</sub>～11A<sub>m</sub>および駆動回路(DRV)11B<sub>1</sub>～11B<sub>m</sub>と、各励起光源11A<sub>1</sub>～11A<sub>m</sub>から出力される各波長の励起光P1～Pmを合波して出力する合波器11Cと、を有する。ここでは、例えば励起光源11A<sub>1</sub>を駆動する駆動回路11B<sub>1</sub>に対して、監視信号重畳部14からの監視信号が与えられ、該監視信号に従って駆動回路11B<sub>1</sub>で生成される駆動電流が変調されることにより、励起光源11A<sub>1</sub>で発生する励起光P<sub>m</sub>に監視信号が重畳される。なお、監視信号を重畳する励起光は、励起光P<sub>m</sub>に限られるものではなく、複数の励起光に監視信号を重畳することが可能であり、また、監視信号を重畳する励起光の波長は、後述するように光伝送路の損失波長特性に応じて適宜に選択することが可能である。

【0014】各励起光P1～Pmの波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{pm}$ は、例えば図3の模式図に示すように、ラマン利得G1～Gmが最大になる波長が、励起光の波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{pm}$ より13.2THz小さい周波数に位置することに基づいて、複数の励起光P1～Pmを組み合わせることににより、WDM信号光の波長帯域 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{sn}$ に亘って略平坦なラマン利得が得られるように、予め設定されている。なお、各励起光P1～Pmのパワーは、ここではラマン増幅媒体13を含む光伝送路の損失波長特性を考慮して、図3の左側に示すようにそれぞれ調整されている。図示した各励起光パワーの設定例は、WDM信号光の波長帯域 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{sn}$ について、光伝送路の損失が短波長側になるほど増大する特性を示す場合に対応するものであり、長波長側の励起光パワーに比べて短波長側の励起光パワーが $\Delta P$ だけ大きくなるように設定してある。これにより、WDM信号光の波長帯域 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{sn}$ について、より平坦なラマン利得が実現されるようになる。

【0015】励起光発生部11の合波器11Cによって合波された各波長の励起光P1～Pmは、光伝送路上に挿入された合波器12を介してラマン増幅媒体13に供給され、ここでは図1に示すようにWDM信号光の伝送方向とは逆方向に伝搬する。そして、励起光P1～Pmの供給されたラマン増幅媒体13をWDM信号光が伝搬することにより各波長の光信号S1～Snが略等しい利得でラマン増幅される。このとき、励起光P<sub>m</sub>に重畳された監視信号は、その励起光波長 $\lambda_{pm}$ に対応するラマン利得G<sub>m</sub>に従って主に増幅される波長 $\lambda_{sn}$ 付近の長波長側の光信号にのみ重畳される。これにより、光伝送システムを構成する各光伝送装置間でWDM信号光をラマン増幅しながら伝送することによって、監視信号の伝達も同時に行われるようになる。

【0016】図4は、図1のラマン増幅器10を光中継器等に適用して構築したWDM光伝送システムの一例を示す概略図である。図4のWDM光伝送システムでは、光信号S1, S2, ..., Snを含んだWDM信号光が、光送信端局200から光受信端局300に光伝送路400を介して伝送される。また、光伝送路400上には、図1のラマン増幅器10を具備した光中継器100が所要の中継間隔で配置され、光伝送路400を伝送されるWDM信号光がラマン増幅等されながら中継伝送される。なお、ここでは光送信端局200、各光中継器100および光受信端局300が、光伝送システムを構成する複数の光伝送装置に該当することになる。

【0017】光送信端局200は、例えば、光信号S1, S2, ..., Snを生成するn個の光送信器(E/O)201と、各光送信器201から出力される光信号S1~Snを合波して出力する合波器202と、合波器202から出力されるWDM信号光を所要のレベルまで増幅するポストアンプ203と、ポストアンプ203を介して監視信号を主信号光に重畳するSV送信部204とを有する。上記のポストアンプ203としては、上述の図1に示したラマン増幅器10を適用して、ラマン増幅用の励起光にSV送信部204からの監視信号を重畳するようにしてもよく、または、従来と同様にEDFAを適用して、EDFAの励起光にSV送信部204からの監視信号を重畳するようにしてもよい。

【0018】各光中継器100は、例えば図5に示すように、公知の構成を有するEDFA101と上述の図1に示した基本構成を有するラマン増幅器10とを併用して、光伝送路400を介して送られてくるWDM信号光を所要のレベルまで増幅するものとする。具体的には、EDFA101の前段にラマン増幅器10を配置し、ラマン増幅されたWDM信号光をEDFA101によってさらに増幅するようにしている。また、ここでは、光送信端局200または前段の光中継器100において主信号光に重畳された監視信号を検出するために、光カブラ102、光フィルタ103および監視信号検出部104が各光中継器100内に設けられる。

【0019】光カブラ102は、例えば、光中継器100の入力端子とラマン増幅媒体13の間などに挿入され、光伝送路400から光中継器100に入力されるWDM信号光の一部を分岐して光フィルタ103に出力する。光フィルタ103は、光カブラ102で分岐されたWDM信号光から、監視信号の重畳された励起光(図2および図3の設定例では励起光Pm)の波長に対応したラマン利得帯域に相当する波長光成分を抽出して監視信号検出部104に出力する。監視信号検出部104は、光フィルタ103で抽出された光信号を、ここでは図示しないが受光素子で電気信号に変換し、その電気信号に重畳されている監視信号を検出する。監視信号検出部104で検出された監視信号は、光中継器の監視制御に利

用されると共に、ラマン増幅器10の監視信号重畳部14に伝えられる。

【0020】なお、光中継器100として、EDFA101とラマン増幅器10を併用する構成を示したが、本発明にかかる光伝送システムに用いられる光中継器等の光伝送装置としては、ラマン増幅器10だけを利用して信号光の増幅を行う構成とすることも可能である。光受信端局300は、例えば、光伝送路400から送られてくるWDM信号光を受信して所要のレベルまで増幅するプリアンプ301と、プリアンプ301で増幅されたWDM信号光を各波長の光信号S1~Snに分波して出力する分波器302と、分波器302から出力される各光信号S1~Snをそれぞれ受信処理するn個の光受信器(O/E)303と、プリアンプ301から分波器302に送られるWDM信号光の一部を分岐する光カブラ304と、光カブラ304の分岐光を用いてWDM信号光に重畳された監視信号を検出するSV受信部305とを有する。上記のプリアンプ301、分波器302および各光受信器303は、従来の光受信端局に用いられているものと同様である。光カブラ304は、前述の光中継器100内に設けた光カブラ102に対応するものであり、SV受信部305は、光中継器100内の光フィルタ103および監視信号検出部104に対応した機能を備えている。

【0021】上記のような構成を有するWDM光伝送システムでは、光送信端局200の各光送信器201で生成された各波長の光信号S1~Snが合波器202で波長多重されてポストアンプ203に送られる。ポストアンプ203では、合波器202からのWDM信号光が増幅されると共に、SV送信部204からの監視信号を励起光に重畳することで監視信号を含んだWDM信号光が生成されて光伝送路400に送信される。

【0022】光伝送路400に送信されたWDM信号光は、光中継器100に到達すると、ラマン増幅器10に送られると共に、その一部が光カブラ102で分岐されて光フィルタ103に送られる。光フィルタ103では、光送信端局200で監視信号を重畳した波長光成分が抽出される。光フィルタ103の通過光は、監視信号検出部104に送られて、光送信端局200からの監視信号の検出処理が行われる。そして、監視信号検出部104の検出結果を利用して光中継器100の動作が制御される。

【0023】なお、光フィルタ103を用いて監視信号を含んだ波長光を抽出するようにしたのは、監視信号の検出をより高い精度で行うためである。すなわち、ラマン増幅用の励起光を利用した監視信号の重畳では、監視信号が重畳される波長光成分はWDM信号光の一部の波長帯域となるため、光カブラ102の分岐光を光フィルタ103を介することなく監視信号の検出処理に用いると、監視信号が重畳されていない波長光が雑音成分とな

り監視信号検出のSN比が悪くなってしまう。そこで、光フィルタ103を用いて監視信号を含んだ波長光のみを抽出することで、良好なSN比のモニタ光により監視信号の検出を行うことが可能になる。

【0024】光カブラ102を通過してラマン増幅器10に送られたWDM信号光は、励起光P1～Pmが供給されたラマン増幅媒体13を伝搬することでラマン増幅される。このとき、励起光P1～Pmのうちの励起光Pmには、監視信号重畳部14で生成された監視信号が重畳されていて、この励起光Pmに対応したラマン利得帯域に該当する波長帯域のWDM信号光に上記の監視信号が重畳される。上記の監視信号重畳部14で生成される監視信号は、監視信号検出部104で検出された光送信端局200からの監視信号成分を抑圧すると同時に、次段の光中継器100に伝える監視情報を示す信号である。

【0025】また、監視信号が重畳されるWDM信号光の波長帯域は、ラマン増幅媒体13を含む光伝送路の損失が比較的小さくなる帯域に予め設計しておくことが望ましい。このような設計を行うことで、主信号光への監視信号の重畳をより効率的に行うことができる。すなわち、光伝送路の損失が比較的大きな波長帯域の信号光に対して監視信号を重畳するためには、その波長帯域に対応する励起光に比較的大振幅の重畳を行わなければならない。励起光源の動作が最大出力規格に対して厳しくなる可能性がある。これを避けるためには、光伝送路の損失が比較的小さな波長帯域の信号光に対して監視信号を重畳することで、励起光のパワーおよび振幅を小さくすることができ、励起光源を最大出力規格に対して余裕を持って動作させることが可能になる。具体例を挙げて説明すると、例えば、1.55μm帯(Cバンド)のWDM信号光を考えた場合、OH基の影響で光ファイバ伝送路の損失が大きくなる1.4μm付近の短波長帯を避けて、比較的损失の小さい波長側にラマン利得帯域を持つ励起光に監視信号を重畳すればよい。なお、監視信号を重畳する励起光の選択に際しては、短波長側の励起光が、長波長側の励起光を増幅すること(pump to pump)による変調効率低下に注意する必要がある。

【0026】また、ここでは前段の装置から伝えられる監視信号を抑圧し、かつ、後段の装置に伝える監視情報を示す監視信号を監視信号重畳部14で生成して、同じ波長の励起光(Pm)に監視信号を重畳するようにしているが、本発明はこれに限らず、隣り合う装置間で監視信号を重畳する励起光を切り替えることも可能である。具体的には、前段の装置で監視信号を重畳した励起光に対して監視信号を抑圧(相殺)する抑圧信号を重畳し、その励起光とは別の励起光に対して後段の装置に伝える監視信号を重畳するようにする。

【0027】上記のようにして光中継器100前段のラマン増幅器10で増幅されたWDM信号光は、さらに後

段のEDFA101に送られて増幅された後に、光伝送路400に出力される。そして、上記の場合と同様にして各光中継器100で順に増幅中継伝送されたWDM信号光は、光受信端局300に到達すると、プリアンプ301に送られて所要のレベルまで増幅される。プリアンプ301で増幅されたWDM信号光は、分波器302に送られて各光信号S1～Snに分波されると共に、その一部が光カブラ304で分岐されてSV受信部305に送られる。

10 【0028】SV受信部305では、光カブラ304の分岐光から光フィルタ等を用いて監視信号の重畳された波長光成分が抽出され、該抽出された波長光を用いて前段の光中継器100からの監視信号の検出処理が行われる。そして、SV受信部305の検出結果を利用して光受信端局300の動作が制御される。このように本WDM光伝送システムによれば、ラマン増幅用の励起光に監視信号を重畳することで、各光伝送装置間で監視信号を送受信できるようになり、従来のEDFAの励起光を利用した場合のようにWDM信号光の波長帯域全体に監視信号を重畳させる必要がなくなるため、励起効率の良い波長域で、効率の良い監視信号の重畳を行うことが可能になる。また、光フィルタを用いて監視信号を含んだ波長光のみを抽出して監視信号の検出処理を行うことで、各光伝送装置間での監視信号の伝達をより確実に行うことが可能になる。このような監視信号の伝送技術は、将来、ラマン増幅器だけを利用して光増幅を行うようなシステムが実現された場合にも容易に対応することができ有用である。

30 【0029】なお、上述した実施形態では、ラマン増幅器10として、波長の異なる複数の励起光をラマン増幅媒体に供給する構成を示したが、本発明はこれに限らず、単一の波長の励起光をラマン増幅媒体に供給する構成についても適用することが可能である。また、図5では、ラマン増幅媒体13を光中継器100内に配置した、いわゆる集中ラマン増幅型の構成を例示したが、光中継器100に接続される光伝送路400をラマン増幅媒体として利用する、いわゆる分布ラマン増幅型の構成とすることも可能である。

40 【0030】以上、本明細書で開示した主な発明について以下にまとめる。

【0031】(付記1) 波長の異なる複数の光信号を含んだ波長多重信号光を複数の光伝送装置間で伝送すると共に、光伝送路上に存在するラマン増幅媒体に励起光を供給して、前記ラマン増幅媒体を伝搬する波長多重信号光をラマン増幅する光伝送方式であって、前記複数の光伝送装置で送受信する監視信号を前記ラマン増幅媒体に供給する励起光に重畳することを特徴とするラマン増幅を用いた光伝送方法。

50 【0032】(付記2) 付記1に記載のラマン増幅を用いた光伝送方法であって、前記ラマン増幅媒体に波長

の異なる複数の励起光を供給するとき、前記複数の励起光のうちの少なくとも1つの励起光に対して前記監視信号を重畳することを特徴とするラマン増幅を用いた光伝送方法。

【0033】(付記3) 付記2に記載のラマン増幅を用いた光伝送方法であって、前記監視信号を重畳する励起光は、前記光伝送路の損失波長特性に基づいて前記複数の励起光のうちから選択されることを特徴とするラマン増幅を用いた光伝送方法。

【0034】(付記4) 付記3に記載のラマン増幅を用いた光伝送方法であって、前記監視信号を重畳する励起光は、該励起光の波長に対応したラマン利得帯域における前記光伝送路の損失が、他の励起光の波長に対応したラマン利得帯域における前記光伝送路の損失よりも小さくなるように、前記複数の励起光のうちから選択されることを特徴とするラマン増幅を用いた光伝送方法。

【0035】(付記5) 付記2に記載のラマン増幅を用いた光伝送方法であって、前記光伝送路を介して前記光伝送装置に入力されるラマン増幅された波長多重信号光の一部を、前記監視信号の重畳された励起光の波長に対応したラマン利得帯域に通過帯域を持つ光フィルタに導き、該光フィルタの通過光を用いて前記監視信号を検出することを特徴とするラマン増幅を用いた光伝送方法。

【0036】(付記6) 付記2に記載のラマン増幅を用いた光伝送方法であって、前段の光伝送装置から伝えられる監視信号を検出し、該検出した監視信号を抑圧するための抑圧信号を、前記ラマン増幅媒体に供給する波長の異なる励起光のうちで、前記前段の光伝送装置からの監視信号が重畳された励起光に対応する励起光に重畳

することを特徴とするラマン増幅を用いた光伝送方法。

【0037】(付記7) 付記6に記載のラマン増幅を用いた光伝送方法であって、前記抑圧信号が重畳される励起光とは異なる励起光に対して、後段の光伝送装置に送る監視信号を重畳することを特徴とするラマン増幅を用いた光伝送方法。

【0038】(付記8) 波長の異なる複数の光信号を含んだ波長多重信号光を伝送する複数の光伝送装置と、光伝送路上に存在するラマン増幅媒体に励起光を供給して、前記ラマン増幅媒体を伝搬する波長多重信号光をラマン増幅するラマン増幅器と、を備えた光伝送システムであって、前記ラマン増幅器は、前記複数の光伝送装置で送受信する監視信号を、前記ラマン増幅媒体に供給する励起光に重畳する監視信号重畳部を含むことを特徴とする光伝送システム。

【0039】(付記9) 付記8に記載の光伝送システムであって、前記ラマン増幅器は、波長の異なる励起光を発生する複数の励起光源を有し、前記監視信号重畳部が、前記各励起光源から前記ラマン増幅媒体に供給される波長の異なる励起光のうちの少なくとも1つの励起光

に対して、前記監視信号を重畳することを特徴とする光伝送システム。

【0040】(付記10) 付記9に記載の光伝送システムであって、前記監視信号重畳部は、前記光伝送路の損失波長特性に基づいて、前記監視信号を重畳する励起光を選択することを特徴とする光伝送システム。

【0041】(付記11) 付記10に記載の光伝送システムであって、前記監視信号重畳部は、前記監視信号を重畳する励起光として、励起光の波長に対応したラマン利得帯域における前記光伝送路の損失が相対的に小さくなるような励起光を選択することを特徴とする光伝送システム。

【0042】(付記12) 付記9に記載の光伝送システムであって、前記光伝送装置は、前記光伝送路から送られるラマン増幅された波長多重信号光の一部を分岐する光カブラと、該光カブラからの分岐光が入力され、前記監視信号の重畳された励起光の波長に対応したラマン利得帯域に通過帯域を持つ光フィルタと、該光フィルタの通過光を用いて前記監視信号を検出する監視信号検出部と、を有することを特徴とする光伝送システム。

【0043】(付記13) 付記9に記載の光伝送システムであって、前記ラマン増幅器が、前記複数の光伝送装置間の各中継区間に応じて複数設けられるとき、該各ラマン増幅器は、対応する光伝送装置で検出される前段の光伝送装置からの監視信号を抑圧するための抑圧信号を、前記ラマン増幅媒体に供給される波長の異なる励起光のうちで、前記前段の光伝送装置からの監視信号が重畳された励起光に対応する励起光に重畳する抑圧信号重畳部を含むことを特徴とする光伝送システム。

【0044】(付記14) 付記13に記載の光伝送システムであって、前記各ラマン増幅器の監視信号重畳部は、後段の光伝送装置に送る監視信号を、前記抑圧信号重畳部で抑圧信号が重畳される励起光とは異なる励起光に重畳することを特徴とする光伝送システム。

【0045】(付記15) 励起光を発生する励起光発生部と、該励起光発生部からの励起光をラマン増幅媒体に供給する合波器とを備え、前記ラマン増幅媒体を伝搬する波長多重信号光をラマン増幅するラマン増幅器であって、前記波長多重信号光を伝送する複数の光伝送装置で送受信される監視信号を、前記励起光発生部から前記合波器を介して前記ラマン増幅媒体に供給される励起光に重畳する監視信号重畳部を含むことを特徴とするラマン増幅器。

【0046】(付記16) 付記15に記載のラマン増幅器であって、前記励起光発生部が、波長の異なる励起光を発生する複数の励起光源を有し、前記監視信号重畳部が、前記各励起光源から前記合波器を介して前記ラマン増幅媒体に供給される波長の異なる励起光のうちの少なくとも1つの励起光に対して、前記監視信号を重畳することを特徴とするラマン増幅器。



【0047】（付記17） 付記16に記載のラマン増幅器であって、前段の光伝送装置からの監視信号を抑圧するための抑圧信号を、前記各励起光源から前記合波器を介して前記ラマン増幅媒体に供給される波長の異なる励起光のうちで、前記前段の光伝送装置からの監視信号が重畳された励起光に対応する励起光に重畳する抑圧信号重畳部を含むことを特徴とするラマン増幅器。

【0048】（付記18） 付記17に記載のラマン増幅器であって、前記監視信号重畳部は、後段の光伝送装置に送る監視信号を、前記抑圧信号重畳部で抑圧信号が重畳される励起光とは異なる励起光に重畳することを特徴とするラマン増幅器。

【0049】

【発明の効果】以上説明したように、本発明にかかるラマン増幅を用いた光伝送技術によれば、ラマン増幅用の励起光に監視信号を重畳することで、効率の良い監視信号の重畳を実現することが可能になる。また、光フィルタを用いて監視信号を含んだ波長光のみを抽出して監視信号を検出するようにすれば、各光伝送装置間での監視信号の伝達をより確実に行うことが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光伝送方法を適用したラマン増幅器の基本構成を示す図である。

【図2】図1のラマン増幅器について、励起光発生部の具体的な構成例を示す図である。

【図3】図1のラマン増幅器について、励起光およびWDM信号光の波長配置と、各励起光に対応したラマン利得帯域とを説明するための図である。

【図4】図1のラマン増幅器を光中継器等に適用して構\*

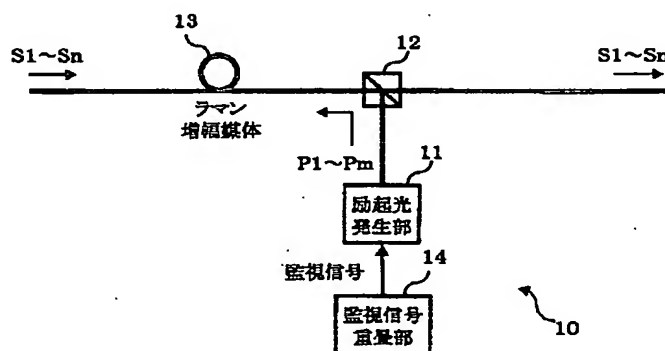
\* 築したWDM光伝送システムの一例を示す概略図である。

【図5】図4のWDM光伝送システムに用いられる光中継器の具体的な構成例を示す図である。

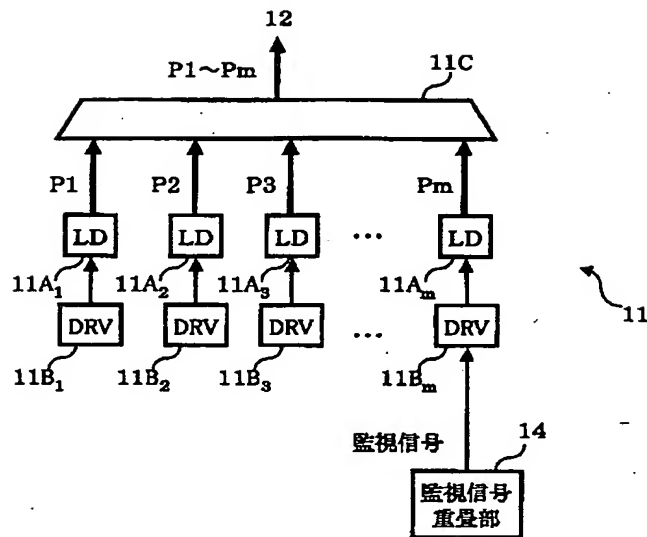
【符号の説明】

- |                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| 10                                 | ラマン増幅器    |
| 11                                 | 励起光発生部    |
| 11A <sub>1</sub> ～11A <sub>n</sub> | 励起光源（LD）  |
| 11B <sub>1</sub> ～11B <sub>n</sub> | 駆動回路（DRV） |
| 11C, 12, 202                       | 合波器       |
| 13                                 | ラマン増幅媒体   |
| 14                                 | 監視信号重畳部   |
| 100                                | 光中継器      |
| 101                                | EDFA      |
| 102, 304                           | 光カブラ      |
| 103                                | 光フィルタ     |
| 104                                | 監視信号検出部   |
| 200                                | 光送信端局     |
| 201                                | 光送信器（E/O） |
| 202                                | ポストアンプ    |
| 204                                | SV送信部     |
| 300                                | 光受信端局     |
| 301                                | ブリアンプ     |
| 302                                | 分波器       |
| 303                                | 光受信器（O/E） |
| 305                                | SV受信部     |
| 400                                | 光伝送路      |
| P1～Pm                              | 励起光       |
| S1～Sn                              | 信号光       |

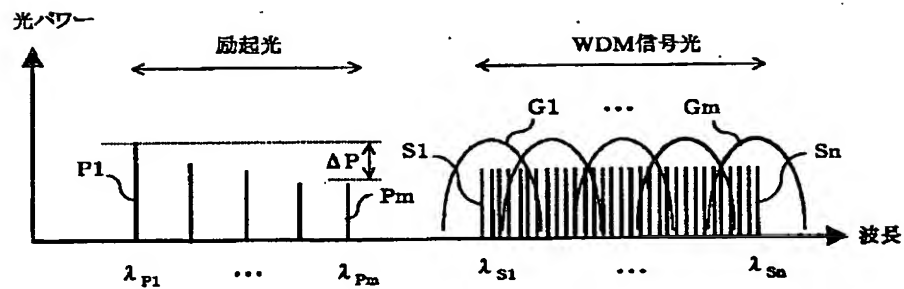
【図1】



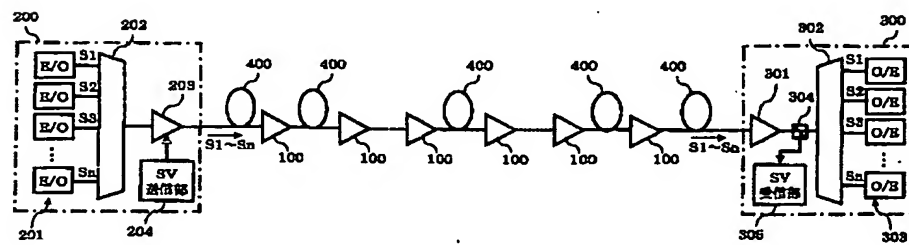
【図2】



【図3】

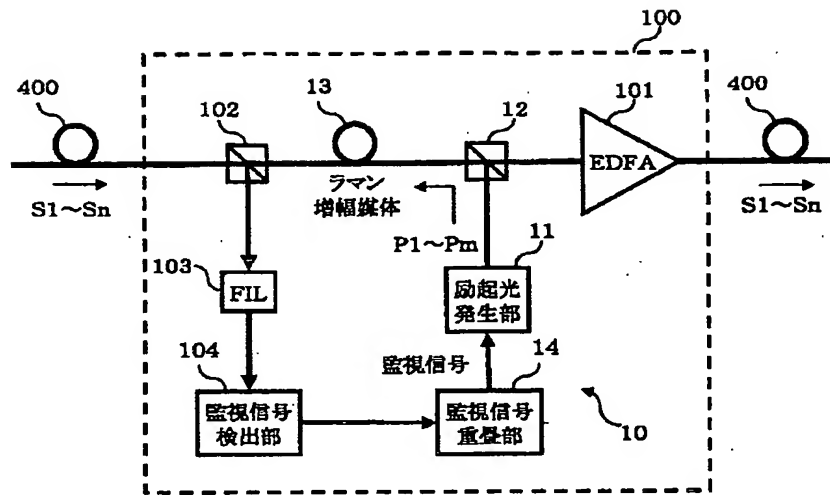


【図4】





【図5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

タームコード(参考)

H 0 4 B 10/17

(72)発明者 下條 直政  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内

F ターム(参考) 2K002 AA02 AB30 BA01 CA15 DA10  
 EB15 HA23

5F072 AB09 AB13 AK06 JJ08 QQ07

(72)発明者 田中 俊毅  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内

YY15 YY17

5K002 CA13 DA02 EA06